

## ⑪ 公開特許公報 (A) 平3-251827

⑫ Int. Cl. 5

G 02 F 2/00  
H 04 B 10/04  
10/06

識別記号

府内整理番号

7246-2K

⑬ 公開 平成3年(1991)11月11日

8523-5K H 04 B 9/00

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全6頁)

L

⑭ 発明の名称 光位相検波方式

⑮ 特 願 平2-47313

⑯ 出 願 平2(1990)3月1日

⑰ 発明者 宮崎 哲弥 東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際電信電話株式会社内

⑰ 発明者 笠 史郎 東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際電信電話株式会社内

⑰ 発明者 若林 博晴 東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際電信電話株式会社内

⑰ 出願人 国際電信電話株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目3番2号

⑰ 代理人 弁理士 菅 隆彦

## 明細書

## 1. 発明の名称

光位相検波方式

## 2. 特許請求の範囲

1. 予め偏光状態が直線偏光となるように補償された信号光と、局部発振用レーザからの局発光とを合波器で合波して I 成分と該 I 成分の局発光の位相より 90° 遅れた Q 成分を取り出し、前記 I 成分と Q 成分とを用いて前記信号成分と前記局発光との位相同期を取りながら I 成分を復調する光位相検波方式において、

前記信号光と円偏波にされた局発光とをそれぞれ P 偏光成分と S 偏光成分の直交偏光成分に分離し、

該分離された同一の偏光成分の信号光と局発光とを合波してそれぞれ前記 I 成分及び Q 成分を得ると共に、該得られた I 成分及び Q 成分のそれぞれ互いに 180 度位相が異なる第 1 の出力光と第 2 の出力光を取り出し、

該第 1 の出力光と第 2 の出力光を電気信号に変

換した後、該電気信号に変換された第 1 および第 2 の信号間の固定位相オフセット分を位相調整して差動合成し、

該差動合成された電気信号を用いて前記信号光と局発光の位相同期を取ると共に I 成分に相当する一方の電気信号を復調して復調信号を得ることを特徴とする光位相検波方式。

## 3. 発明の詳細な説明

## [産業上の利用分野]

本発明は光位相検波方式に係り、特に Q 成分と I 成分とを用いて位相検波する光位相検波方式に関するものである。

## [従来の技術]

光 PSK (Phase Shift Keying) ホモダイム伝送においては、位相変調された信号光を復調するために局発光の位相  $\theta_L$  を信号光の位相  $\theta_S$  に同期制御する必要がある。局発光の位相は光 90° ハイブリッドを用いたコスタス型光 PLL (Phase Locked Loop) により同期制御することができる。

第 3 図は従来の光 90° ハイブリッドを用いた

光位相検波方式の構成図である。図において、1は信号光S1と局発光L0とを合波して互いに90°位相が異なる出力光を取り出す光90°ハイブリッド、2は局発光L0を発振する局発用レーザ光源、3は局発光L0の偏波面を保存したまま伝搬させる偏波面保存光ファイバ、4及び5は光信号を電気信号に変換する光受信器、6は光受信器4、5のそれぞれの出力信号V1、V2をミキシングするミキサー、7は局発用レーザ光源2の位相を制御する制御回路、8は変調信号を復調する符号判定器である。なお、光90°ハイブリッドは直線偏光の局発光L0を円偏波にする1/4波長板1aと、円偏波にされた局発光L1と信号光S1とを合波するハーフミラー1bと、直交する偏波面の光をそれぞれ取り出す偏光分離素子1cとから構成されている。また、図中、◎はS偏光成分、△はP偏光成分、△は偏光分離素子1cの光学軸に対し45°の直線偏光、○は円偏光状態を、点線矢印は光の進行方向をそれぞれ示す。

光90°ハイブリッド1を用いて予め偏波補償

された信号光S1と、局発光L0を合波し光受信器4、5で受光検波して得られる出力V1、V2は、局発光L0の位相が90°遅れて信号光S1と合波されるQ(Quad rature)成分V1と、位相同期状態においては信号光が同位相で合波されるI(Inphase)成分V2のいずれかに相当する。V1及びV2のどちらが、VQ、VIになるかは後述する。図ではV1=VQ、V2=VIとなっている場合である。ここで一般にQ成分及びI成分の出力をVQ、VIとするとVQ、VIは各々  $\sin(\theta_s - \theta_d)$  及び  $\cos(\theta_s - \theta_d)$  に比例する。従って無線通信におけるコスタスループと同様に  $\theta_s$  に含まれる位相変調成分を相殺するため、V1とV2をミキサー6でかけ算して  $\sin^2(\theta_s - \theta_d)$  に比例するV3を得、制御回路7を介して得られるVcを局発光の位相制御信号として局発用レーザ光源2に帰還制御を施すことにより位相同期状態を保持することができる。また、V2(=VI)により  $\theta_s$  の変調信号成分を符号判定器8で復調して、復調信号SOを

取り出すことができる。

次に、この光位相検波方式を用いる場合に、Q成分及びI成分の出力を取り出すために必要となる光90°ハイブリッド1について以下に説明する。

予め偏光分離素子1cの光学軸に対し45°の直線偏光となるように偏波補償された信号光S1と、1/4波長板1aにより円偏光状態にされた局発光L1は、ハーフミラー1bにより合波され、局発光L2'、信号光S2'として偏光分離素子1cに入射され、各々S及びP偏光成分である信号光S3'、S4'、局発光L3'、局発光L4'に分離される。ここで局発光L3'、L4'の位相関係は、円偏波の局発光L1が1/4波長板1aから見て右旋の時(時計回り)には局発光L4'は局発光L3'より90°位相が遅れ、左旋の時には局発光L3'は局発光L4'より90°位相が遅れる。一方信号光S1は同位相、等強度の信号光S3'、S4'に分離される。従って信号光S1、局発光L0のS、P偏光成分を

各々光受信器4、5で検波すると、左旋の時はS偏光成分の受光検波出力VQ、P偏光成分の受光検波出力VPがVIとなり、逆に右旋の時はVPがVQ、VSがVIとなる。

第3図の他の90°ハイブリッドの構成としては導波路やファイバーカップラーを用いた例がある。また光90°ハイブリッドを用いずに3dBカップラーで信号光S1、局発光L0を合波しバランストレシーバで受光検波するバランス型光PLLも既に提案されている(IEEE Photonics Let., vol.1, NO.11, Nov. 1989 pp395-397)。

#### [発明が解決しようとする課題]

第3図の光90°ハイブリッド1において、ハーフミラー1bの偏光特性のために、円偏波の局発光L1をハーフミラー1bで信号光S1と合波した出力では、局発光L2'を円偏光状態に保持することが極めて困難である。そのため、位相制御時には、信号光S1と局発光L0に残留位相オフセットが生じてしまい復調で誤る確率が高くなり位相検波感度が劣化する。また、この構成では

局発光  $L_0$  の強度光雜音を抑圧することはできず、 $S/N$  が悪くなり復調信号  $S_0$  の品質が劣化し、局発用レーザ光源  $2$  の位相が誤制御されてしまうという問題があった。なお、導波路を用いた光  $90^\circ$  ハイブリッドでは損失が大きいという問題点があり、ファイバーカップラーを用いた光  $90^\circ$  ハイブリッドは精度や安定度に問題があるため、光位相検波方式には適用できない。

一方、バランスト型光PLLでは、信号光及び局発光のスペクトル線幅がコスタス型光PLLの場合の  $1/100$  程度狭い必要があり、安定な狭線幅光源を得るのは難しいという問題点があった。

以上のように、従来の光位相検波方式では復調誤りが多く、かつ局発光の強度光雜音の影響による復調信号品質の劣化等により実用的な光位相検波方式が実現できなかった。

本発明は上述した従来技術の課題を解決するためになされたもので、復調誤りが少なく、かつ品質が良い位相検波が得られる実用的な光位相検波方式を提供することを目的とする。

分に相当する一方の電気信号を復調して復調信号を得ることを特徴とする、以上の構成手段を採用することにより達成される。

#### [作用]

本発明は前記手段を講じたので、信号光と局発光の偏光状態を予め同一にした後、合波してそれぞれの出力光を得るために局発光の位相差を  $90^\circ$  に安定に維持でき、しかも合波手段の偏光特性に係りなく信号光と局発光との位相差をほぼゼロに制御することが可能となる。従って信号光と局発光に残留位相オフセットが生じないためそれぞれ得た出力光は復調誤りの確率を低減されて出力される。

さらに当該それぞれの出力光を変換した電気信号相互間の固定位相オフセット分も位相調整して差動合成し、得られた局発光強度雜音が押圧されたそれぞれの電気出力により極めて良好な信号光と局発光の位相同期状態を保持しつつ復調を行う。

以下に、図面を用いて本発明を詳細に説明するが、従来構成と同一部分には同一番号を付与し、

#### [課題を解決するための手段]

前記課題の解決は、本発明の光位相検波方式が、予め偏光状態が直線偏光となるように補償された信号光と、局部発用レーザからの局発光とを合波器で合波して  $I$  成分と  $Q$  成分の局発光の位相より  $90^\circ$  遅れた  $Q$  成分を取り出し、前記  $I$  成分と  $Q$  成分とを用いて前記信号成分と前記局発光との位相同期を取りながら  $I$  成分を復調する光位相検波方式において、前記信号光と円偏波にされた局発光とをそれぞれ  $P$  偏光成分と  $S$  偏光成分の直交偏光成分に分離し、該分離された同一の偏光成分の信号光と局発光とを合波してそれぞれ前記  $I$  成分及び  $Q$  成分を得ると共に、該得られた  $I$  成分及び  $Q$  成分のそれぞれで互いに  $180^\circ$  位相が異なる第1の出力光と第2の出力光を取り出し、該第1の出力光と第2の出力光を電気信号に変換した後、該電気信号に変換された第1および第2の信号間の固定位相オフセット分を位相調整して差動合成し、該差動合成された電気信号を用いて前記信号光と局発光の位相同期を取ると共に  $I$  成

説明の重複を省く。

#### [実施例]

第1図は本発明による光位相検波方式の構成図であり、従来構成(第3図)と異なる点は、信号光  $S_1$  と局発光  $L_1$  をそれぞれ  $S$ 、 $P$  偏光成分に分離した後、合波する光  $90^\circ$  ハイブリッド  $10$  と、局発光強度雜音の影響を抑圧して光信号を電気信号に復調する偏波ダイバーシティ光受信方式のバランストレシーバ  $11$ 、 $12$  を用いたことにある。

先ず、本発明に用いる光  $90^\circ$  ハイブリッドについて説明する。第2図(a)は本発明に用いる光  $90^\circ$  ハイブリッド  $10$  の構成図であり、 $10$  aは直線偏光波の信号光  $S_1$  を直交する  $S$  偏光成分  $S_2$  及び  $P$  偏光成分  $S_3$  に分離するための偏光分離素子、 $10$  bは直線偏光波の局発光  $L_0$  を円偏波にする  $1/4$  波長板、 $10$  cは円偏波の局発光  $L_1$  を直交する  $S$  偏光成分  $L_2$  及び  $P$  偏光成分  $L_3$  に分離するための偏光分離素子、 $10$  dは  $S$  偏光成分の信号光  $S_2$  と  $S$  偏光成分の局発光  $L_2$

を合波するハーフミラー（半透明鏡）、10eはP偏光成分の信号光S3とP偏光成分の局発光L3を合波するハーフミラー（半透明鏡）である。

次に、光90°ハイブリッド10の動作を説明する。予め、偏光分離素子10aの軸に対して45°の角度を有する直線偏光状態となるように偏光補償された信号光S1は、偏光分離素子10aに入射される。一方、局発用レーザ光源2から発振された直線偏光波の局発光L0は、先ず1/4波長板10bにより円偏光状態の局発光L1にされて偏光分離素子10cに入射される。偏光分離素子10a、10cで分離された信号光S2、S3及び局発光L2、L3のP、S各偏光成分S3とL3、及びS2とL2は各々ハーフミラー10e、10dで合波される。合波して得られるS4、L5とS5、L4及びS6、L7とS7、L6を各々バランストレシーバ11、12で受光し受光出力Vb1、Vb2を得る。第2図(a)では、Vb1がQ成分、Vb2がI成分となっている。すなわち、局発光L1の円偏波が1/4波長板1

0bから見て右旋（時計回り）の時、P偏光成分L3がS偏光成分L2より90°遅れ、バランストレシーバ11、12の出力Vb1、Vb2は各々Q成分( $\sin(\theta_s - \theta_l)$ に比例)及びI成分( $\cos(\theta_s - \theta_l)$ に比例)となる。また、局発光L1の円偏波が1/4波長板10bから見て左旋の時は逆になりVb1がI成分に、Vb2がQ成分となる。

上述のように、本発明の光90°ハイブリッド10は、信号光S1と局発光L1の偏光状態を偏光分離素子10a、10cで予め同一にした後、ハーフミラー10d、10eで合波するため、ハーフミラー10d、10eの偏光特性に左右されることなく局発光L2、L3の位相差を90°に安定に維持できる。従って、信号光と局発光に残留位相オフセットが生じないため、復調誤りの確率を低減することができる。また、ハーフミラー10d、10e及び偏光分離素子10a、10c及び1/4波長板10bの各光部品を一体化して光90°ハイブリッド10を構成することができ

るため、光結合損失の低減と小型化も可能となる。

次に、本発明に用いるバランストレシーバ11、12の構成を第2図(b)に示す。なお、以下ではハーフミラー10eの出力光S4(信号光)、L5(局発光)をQ+成分信号、Q-成分信号と180度位相が異なる出力であるハーフミラー10eの出力光S5(信号光)、L4(局発光)をQ-成分信号、ハーフミラー10dの出力光S6(信号光)、L7(局発光)をI+成分信号、I-成分信号と位相が180度異なる出力であるハーフミラー10dの出力光S7(信号光)、L6(局発光)をI-成分信号とする。

図において、20a、20bは光90°ハイブリッド10のハーフミラー10e(10d)から出射された出力光のQ+成分信号(I+成分信号)、Q-成分信号(I-成分信号)の光信号を取り出す光ファイバ、21a、21bは光信号を電気信号に変換する光受信器、22は光受信器21a、21bの出力信号D1、D2間に存在する固定位相オフセット分を調整するための位相調整器、2

3は位相調整された電気信号D3と光受信器21bの出力信号D2とを差動合成するための差動合成回路である。

本発明では、同一の偏波成分の信号を差動合成するバランストレシーバ11(12)を用いるため、光90°ハイブリッド10の出力段にあるハーフミラー10e(10d)がペーハイブリッドとして動作し、光受信器21a、21bの出力では信号光と局発光間のビート信号が逆相で、局発光強度雑音が同相で出力される。従って、光受信器21a、21bの出力信号D1、D2の間に存在する固定位相オフセット分を位相調整器22で調整し、その後差動合成器23で信号D3とD2とを差動合成することにより、局発光強度雑音が抑圧された出力信号Vb1を得ることができる。なお、説明を省いたが、もう一方の偏波成分であるI成分信号に対しても同様に局発光強度雑音の抑圧を行うことができる。

上述の様に強度雑音が抑圧されたバランストレシーバ11、12の出力Vb1、Vb2は、従来

と同様に、位相変調成分を相殺するため  $V_{b1}$  ( $= V_Q$ ) と  $V_{b2}$  ( $= V_I$ ) をミキサー 6 で掛け算して  $V_3$  を得、制御回路 7 を介して得られる  $V_c$  を局発光の位相制御信号として局発用レーザ光源 2 に帰還制御を施すことにより、極めて良好な位相同期状態を保持することができる。また、 $V_{b2}$  ( $= V_I$ ) により  $\theta_S$  の変調信号成分を取り出すことができる。

このように、バランストレシーバ 11, 12 により得られた  $V_{b1}$ ,  $V_{b2}$  の局発光強度雑音は、光  $90^\circ$  ハイブリッド 10 と差動合成型のバランストレシーバ 11 (12) とを組み合わせて用いることにより充分抑圧されるため、S/N の良い位相検波が可能となる。

#### 【発明の効果】

かくして本発明は、同一の偏光状態にしてから信号光  $S_1$  と局発光  $L_0$  を合波して Q 成分信号及び I 成分信号を取り出すと共に、それぞれの信号を  $180^\circ$  の位相変化を持たせて光検波を行う

ため、信号光と局発光に残留位相オフセットが生じにくく、かつ Q 成分信号と I 成分信号のそれを局発光の強度雑音の影響を受けにくい光位相検波が出来る。従って、複調調りが少なく、かつ品質が良い位相検波ができる。

また、偏光分離素子 10a, 10c 及びハーフミラー 10d, 10e を対角線状に配置し  $1/4$  波長板 10b も含めて一体化することにより、光  $90^\circ$  ハイブリッド 10 の動作を安定化させることができる。

従って、本発明は局発光の位相を信号光の位相に高精度に同期制御することができ、光ホモダイン伝送及びコヒーレント光通信方式に広く適用することが可能である。

#### 4. 図面の簡単な説明

第 1 図は本発明による光位相検波方式の構成図、第 2 図 (a) は本発明に用いる光  $90^\circ$  ハイブリッドの構成図、第 2 図 (b) は本発明に用いるバランストレシーバの構成図、第 3 図は従来の光位相検波方式の構成図である。

- $S_1 \sim S_7, S_2' \sim S_4'$  … 信号光
- $L_0 \sim L_7, L_2' \sim L_4'$  … 局発光
- 1, 10 … 光  $90^\circ$  ハイブリッド
- 1c, 10a, 10c … 偏光分離素子
- 1b, 10d, 10e … ハーフミラー
- 1a, 10b …  $1/4$  波長板
- 2 … 局発用レーザ光源
- 3 … 偏波面保持光ファイバ
- 4, 5, 21a, 21b … 光受信器
- 6 … ミキサー
- 7 … 制御回路
- 8 … 符号判定器
- 11, 12 … バランストレシーバ
- 20a, 20b … 光ファイバ
- 22 … 位相調整器
- 23 … 差動合成回路

特許出願人 国際電信電話株式会社  
代理人 菅 隆彦



